

8. Распоряжение Правительства РФ от 24 июня 2014 г. N 1099-р «Программы развития угольной промышленности России на период до 2030 года».

## **СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК**

**А.М. Кириллов**

Научный руководитель - доцент Г.Р. Зиякаев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

В данной статье рассматриваются современные технологии управления производительностью поршневых компрессорных установок. Произведено сравнение наиболее распространённых в настоящее время методов регулирования производительности: рециркуляция (байпасная линия), дросселирование на всасывании, контроль оборотов двигателя поршневого компрессора (регулирование скорости), регулирование мертвого пространства, разгрузка всасывающего клапана [1]. Сделаны выводы о эффективности каждого метода и выбран наиболее эффективный и экономичный метод регулирования.

### **Введение**

Поршневые компрессоры играют важную роль в химических, нефтехимических, газовых и общепромышленных процессах. В отличие от центробежных, поршневые компрессоры не могут самостоятельно регулировать свою производительность в зависимости от заданного давления нагнетания, поршневые компрессоры будут компримировать газ до тех пор, пока не будет достигнута аварийная уставка по давлению нагнетания [2]. Однако существуют такие технологические процессы, в которых недопустимо отклонение выходных параметров от заданных. Таким образом, методы управления производительностью компрессора используются для поддержания требуемой производительности при переменных условиях [3].

### **Методы регулирования производительности**

#### **Рециркуляция.**

Один из самых простых методов управления производительностью это рециркуляция или байпасная линия. Чтобы уменьшить поток газа в процесс компримирования, оператор с пульта управления открывает перепускную линию через какой-либо тип регулирующего клапана и отводит избыточный поток газа обратно на всасывание компрессора. Эта схема управления крайне неэффективна, так как обратный поток газа повторно сжимается, и работа сжатия полностью теряется. Еще одним минусом данного метода является многократная подача лубрикатрного масла в компрессор из-за чего происходит загрязнение компрессора использованным маслом. В результате этот метод регулирования используется крайне редко. Этот способ управления не вносит никаких изменений в рабочий процесс поршневого компрессора.

#### **Дросселирование на всасывании.**

Давление всасывания газа снижается дросселированием регулирующего клапана на входе в компрессор. При более низком давлении плотность газа будет уменьшаться, таким образом помогая уменьшить массовый поток. Как правило, давление всасывания газа регулируется в зависимости от давления нагнетания или расхода. Предполагается, что процесс дросселирования является изохальным и температура газа определяется уравнением состояния. Дросселирование всасывания перемещает характеристическую кривую  $p$ - $V$  влево, что указывает на более низкую объемную эффективность, следовательно, меньший расход. Поскольку давление всасывания уменьшается, а давление нагнетания остается постоянным степень сжатия увеличивается [4]. Это вызывает более высокие температуры нагнетания.

#### **Контроль скорости.**

Двигатели с инверторным приводом позволяют согласовать мощность с нагрузкой путем регулирования скорости двигателя компрессора. Этот метод широко используется для систем охлаждения и кондиционирования. Тем не менее, он редко используется в технологии компримирования газа из-за большой стоимости и проблем с надежностью в габаритных двигателях. Масса газа, поступающего в компрессор во время одного такта всасывания, практически одинакова для разных скоростей вращения двигателя. Таким образом, массовый расход газа приблизительно пропорционален скорости вращения. Эмпирически доказано что скорость вращения влияет на движение клапанов и незначительно ухудшает их состояния из-за работы в не номинальных рабочих условиях.

#### **Регулирование мертвого пространства в поршневых компрессорах.**

В последнее время регулятор производительности переменного объема с гидравлическим или ручным управлением вместо фиксированных ступеней оснащается все большим количеством поршневых компрессоров. По мере увеличения зазора эффективный объем всасывания уменьшается, тем самым уменьшая количество потока газа для обработки. Время открытия как всасывающего, так и нагнетательного клапана также уменьшается. Следует отметить, что объемная эффективность влияет и на степень сжатия. Для примера, когда объемный коэффициент зазора равен 0,8 для степени сжатия 2,0, скорость потока составляет только 45% от номинальной. Таким образом, регулировка компрессора методом изменения мертвого пространства неэффективна и бесполезна при низких коэффициентах сжатия.

#### **Разгрузка всасывающего клапана.**

В этом случае всасывающие клапаны ступеней работающего компрессора удерживаются открытыми с помощью специальной автоматической системы, и поэтому газ, подаваемый в цилиндр, будет на ходу сжатия и нагнетания выбрасываться в полость всасывания. Газ в нагнетательную линию не подается — холостой ход поршневого компрессора (регулирование прерывистое). Частичный отжим клапанов сопряжен со значительными

потерями энергии вследствие дросселирования. Существенный недостаток способа — дополнительное воздействие на пластины ускоряет их износ и уменьшает срок их службы.

#### Сравнение эффективности различных методов регулирования производительности

На рисунке 1 показана взаимосвязь между работой вала (безразмерная) и расходом (безразмерный) для различных методов контроля производительности. Работа вала почти линейна по отношению к расходу для всех методов за исключением дросселирования на всасывании. Контроль скорости наиболее эффективен. Работа вала при использовании метода разгрузки всасывающего клапана практически близка к методу регулирования мертвого пространства. Работа вала при использовании дроссельной заслонки на всасывании даже больше, чем номинальная при номинальном расходе от 60% до 100%.

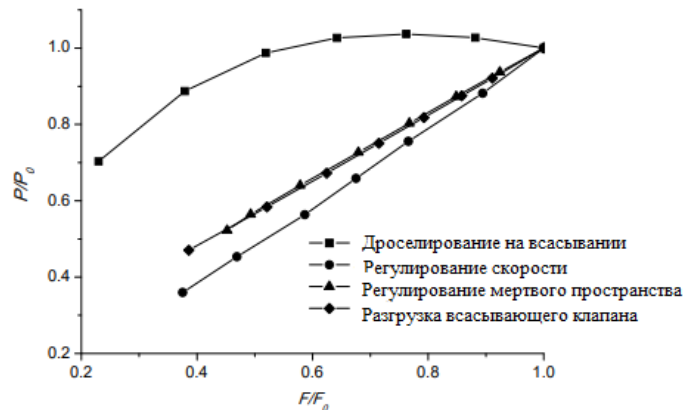


Рис. 1 Сравнение различных методов регулировки производительности

Механическая эффективность (безразмерная) и расход (безразмерный) для различных методов регулирования производительности представлены на рисунке 2. Механическая эффективность увеличивается с уменьшением скорости вращения и соответственно расхода и составляет более 1, что связано с уменьшением потерь на трение. Механическая эффективность для остальных трех систем регулирования производительности меньше 1, так как изэнтропийная эффективность процесса сжатия уменьшается, что обусловлено увеличением объемной эффективности. Аналогично рисунку 1, механическая эффективность как для метода разгрузки всасывающего клапана, так и для метода регулирования мертвого пространства показывает одинаковое поведение [5].

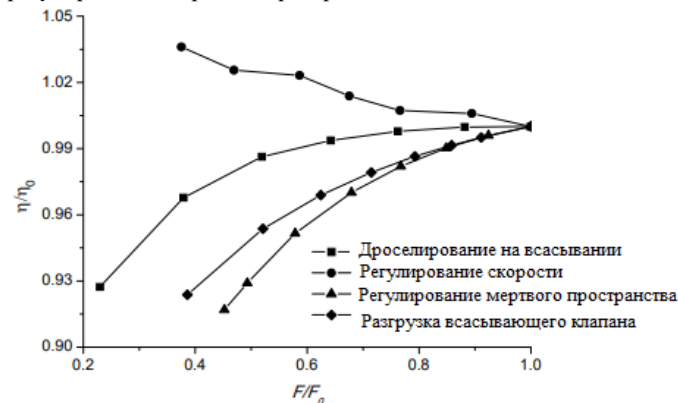


Рис. 2 Сравнение механической эффективности для разных методов регулирования производительности

#### Заключение

Рассмотрены различные методы управления производительностью, а также произведено сравнение эффективности этих методов. Регулирование скоростью двигателя является наиболее эффективным, и его механическая эффективность увеличивается с уменьшением расхода. Поведение графиков разгрузки всасывающего клапана и регулировки мертвого пространства для работы вала и механической эффективности аналогичны друг другу.

#### Литература

1. Биттнер Э., Семерка Б., Бичевой Р. лет лидеру поршневого компрессоростроения //Компрессорная техника и пневматика. — 2006. — №. 4. — С. 12.
2. Иванов В.А. Энергосбережение в производстве сжатого воздуха. // Кординатор Инноваций, 2003г.-№11
3. Кузнецов Ю. В., Кузнецов М. Ю., Березий А. А. Сжатый воздух. — 2012.
4. Френкель М. И. Поршневые компрессоры //Л.: Машиностроение. — 1969. — Т. 744.
5. Bloch H. P. A practical guide to compressor technology. — John Wiley & Sons, 2006.